

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/051221

International filing date: 16 March 2005 (16.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 016 733.8
Filing date: 05 April 2004 (05.04.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 08 April 2005 (08.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

18. 03. 2005

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

10 2004 016 733.8

Anmeldetag:

05. April 2004

Anmelder/Inhaber:

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung:Motorregelungsvorrichtung und entsprechendes
Regelungsverfahren**IPC:**

H 02 P 7/44

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Dezember 2004
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

FAUST

Beschreibung

Motorregelungsvorrichtung und entsprechendes Regelungsverfahren

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Motorregelungsvorrichtung mit einer Regelungskomponente zum Bereitstellen eines Regelungssignals. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein entsprechendes Regelungsverfahren.

10

Vielfach wird die Geschwindigkeits- bzw. Drehzahlregelung und auch die Lageregelung von Antrieben durch Rauschen und andere Störgrößen nachteilig beeinflusst. Dieses Problem wird anhand des in FIG 1 dargestellten Geschwindigkeitsregelkreises für Linearantriebe näher erläutert. Für den Regelkreis wird eine Sollgeschwindigkeit v_{ref} vorgegeben. Von dieser Sollgeschwindigkeit v_{ref} wird in einem Addierer Sum1 eine Istgeschwindigkeit v_{ist} abgezogen, so dass man ein Abweichungs- bzw. Differenzsignal e_v erhält. Das Differenzsignal e_v wird in einem Verstärker G1 mit dem Verstärkungsfaktor K_p proportional verstärkt. In dem nachgeschalteten Verstärker G2, Integrierer I1 und Addierer Sum2 wird ein I-Anteil mit Nachstellzeit T_n berücksichtigt. Ein aus dem Addierer Sum2 resultierender Strom i wird durch einen Motor M, der die Regelstrecke darstellt, in eine Linearposition x umgesetzt. Dabei wird der Motor M durch einen Verstärker G3 und zwei nachgeschaltete Integrierer a_{2v} und v_{2x} modelliert. Der Verstärker G3 setzt entsprechend einer Kraftkonstante K_F den Strom i in eine Beschleunigung a um. Diese wird in dem ersten Integrierer a_{2v} in eine Geschwindigkeit v und anschließend in dem zweiten Integrierer v_{2x} in eine Position x gewandelt.

30

Ein Geber G greift die Position x ab, wobei ungewollt ein Störsignal r_x zum Lagesignal x addiert wird, was durch den Addierer Sum3 angedeutet ist. Das Störsignal r_x entsteht beispielsweise durch Quantisierungsrauschen oder sonstiges Rau-

35

schen und andere Störgrößen. Der Geber G liefert somit ein Istlagesignal x_{ist} .

Die Geberauswertung A im Rückkopplungszweig dient dazu, das Istlagesignal x_{ist} in das Istgeschwindigkeitssignal v_{ist} umzusetzen. Hierzu wird mit dem Verzögerungselement D1, dem Addierer Sum4 und dem Verstärker G4 eine zeitdiskrete Differenziation durchgeführt. Üblicherweise arbeiten dabei die Blöcke D1, Sum4, G4, v_{ref} , Sum1, G1, G2, I1, Sum2 zeitdiskret, wobei die Taktrate mit der Verzögerungszeit T des Verzögerungselements D1 übereinstimmt. Entsprechend wird auch das Istlagesignal x_{ist} nicht kontinuierlich, sondern zeitdiskret mit dieser Taktrate erfasst. Insofern bildet die Geberauswertung A die mit einem Faktor (hier $1/T$) gewichtete Differenz aus aktueller und vorangegangener Istlage.

Üblicherweise ist man bestrebt eine möglichst hohe Dynamik zu erzielen, d. h. 1) die Geschwindigkeit v soll eventuellen Änderungen der Sollgeschwindigkeit v_{ref} möglichst schnell folgen und 2) sollen sich eventuelle plötzliche Störkräfte, die in FIG 1 einem dort nicht eingezeichneten zusätzlichen additiven Anteil in der Beschleunigung a entsprechen, möglichst nur kurzzeitig auf die Geschwindigkeit v auswirken. Um eine möglichst hohe Dynamik zu erzielen, ist man bestrebt, möglichst hohe Werte für K_p im Verstärker G1 und $1/T_n$ im Verstärker G2 des Reglers R zu realisieren. In der Praxis sind dem aber Grenzen gesetzt, u. a. deswegen, weil die Störgröße x_{st} den Drehzahlwert v_{ist} verfälscht. D. h. selbst dann, wenn die wahre Geschwindigkeit v mit dem Sollwert v_{ref} übereinstimmt, weicht der ermittelte Istwert v_{ist} i. a. von v_{ref} ab, was bei zu hohem K_p zu überhöhten Motorströmen i und in Folge einerseits zu zusätzlicher Erwärmung und Geräuschbildung und andererseits zu überhöhten Beschleunigungen a und damit auch zu Abweichungen von v vom Sollwert v_{ref} führt. Auf diese Weise entsteht auch bei konstantem v_{ref} sowohl im Strom i als auch in der Geschwindigkeit v ein unerwünschter zusätzlicher rauschartiger Wechselanteil. Beim Strom i wird dieser

Wechselanteil Stromripple, bei der Geschwindigkeit v Geschwindigkeitsschwelligkeit genannt.

5 Ziel ist es nun, eine Modifikation dahingehend vorzunehmen, dass man Stromripple und Geschwindigkeitsschwelligkeit bei gegebener Dynamik reduzieren kann bzw. umgekehrt die Regelung (durch Erhöhung von K_p und ggf. von $1/T_n$) dynamischer machen kann, ohne gleichzeitig den Stromripple und die Geschwindigkeitsschwelligkeit zu erhöhen.

10 Eine bekannte Modifikation des in FIG 1 dargestellten Regelkreises besteht in der Geschwindigkeitswertfilterung gemäß FIG 2. Dabei wird der Geschwindigkeitswert v_{ist} vor dem Einspeisen in den Addierer Sum1 durch einen Tiefpass TP geglättet. 15 Nachteil dieser Lösung ist jedoch, dass der Tiefpass TP die erzielbare Dynamik begrenzt.

Eine weitere Möglichkeit, um den Stromripple und die Geschwindigkeitsschwelligkeit zu minimieren besteht darin, das 20 Störsignal rx zu verringern. Hierzu eignet sich beispielsweise ein höher auflösender Geber für die Lageposition x . Durch den höher auflösenden Geber lässt sich das Quantisierungsrauschen reduzieren. Der Nachteil eines höher auflösenden Gebers besteht jedoch in den höheren Kosten.

Des Weiteren lässt sich das Störsignal rx beispielsweise durch Oversampling reduzieren, wie dies in dem Vortrag von Roland Kirchberger "Verbesserte Erfassung von Lage und Geschwindigkeit an Hochgeschwindigkeitsspindeln", Lageregelseminar 2001, 26. und 27.10.2001, Stuttgart beschrieben wurde. 30 Nachteilig dabei ist jedoch der höhere Hardware-Aufwand und die Verzögerung des Geschwindigkeitswertes v_{ist} gegenüber dem wahren Wert v .

35 Durch die Verwendung eines zusätzlichen Beschleunigungssensors, wie dies in der Druckschrift DE 100 24 394 A1 vorgesehen ist, können die negativen Auswirkungen der Störgröße rx

auf die Istgeschwindigkeit vist und damit auch auf den Strom-
ripple und die Geschwindigkeitswelligkeit ebenfalls reduziert
werden. Nachteilig dabei ist jedoch der zusätzliche Aufwand
für den Beschleunigungssensor und dessen Auswertung.

5

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin,
den Stromripple und die Geschwindigkeitswelligkeit bei
gleichbleibender Dynamik der Regelung zu reduzieren und
gleichzeitig den Hardware-Aufwand möglichst gering zu halten.

10

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Motorre-
gelungsvorrichtung mit Regelungskomponente zum Bereitstellen
eines Regelungssignals, einer Signalteilungseinrichtung zum
Aufteilen des Regelungssignals in mindestens zwei Signalan-
teile, einer Signalverarbeitungseinrichtung, mit der jeder
der mindestens zwei Signalteile auf untereinander verschiede-
ne Weise verarbeitbar ist, und einer Addiereinrichtung zum
Addieren der verschieden verarbeiteten Signalanteile für eine
weitere Verarbeitung.

20

Darüber hinaus ist erfindungsgemäß vorgesehen ein Verfahren
zum Regeln eines Motors durch Bereitstellen eines Regelungs-
signals, Aufteilen des Regelungssignals in mindestens zwei
Signalanteile, Verarbeiten jedes der mindestens zwei Signal-
anteile auf untereinander verschiedene Weise und Addieren der
verschieden verarbeiteten Signalanteile für eine weitere Ver-
arbeitung.

30

Durch das Aufspalten eines Regelungssignals, insbesondere der
Geschwindigkeitsabweichung in mindestens zwei Anteile können
diese unterschiedlichen Reglern zugeführt werden. Gegenüber
dem Stand der Technik mit der Geschwindigkeitswertfilter-
ung entsprechend FIG 2 besteht der Vorteil somit darin, dass
entsprechend der vorliegenden Erfindung die Filterung nicht
auf die gesamte Regelabweichung angewendet wird, sondern nur
auf den Teil, für den die Filterung aufgrund der Störgröße
benötigt wird.

35

Vorzugsweise ist einer der abgespaltenen Signalanteile ein bezogen auf die Signalamplitude höherwertiger Signalanteil und ein anderer ein niederwertiger Signalanteil. Dies hat den Vorteil, dass speziell die niederwertigen Signalanteile, die in erster Linie durch Rauschen und Störgrößen verändert sind, speziell behandelt werden können. So ist es günstig, wenn die Signalverarbeitungseinrichtung in dem Signalpfad für den niederwertigen Signalanteil einen Tiefpass aufweist. Dadurch lassen sich hochfrequente Störanteile aus dem Gesamtsignal entfernen.

Darüber hinaus kann die Signalverarbeitungseinrichtung in dem Signalpfad für den niederwertigen Signalanteil einen oder mehrere Bandsperrern aufweisen. Dadurch können gezielt Frequenzanteile, die durch Störungen hervorgerufen werden, aus dem Signal ausgefiltert werden.

Bei einer weiterentwickelten Motorregelungsvorrichtung kann neben einem Lagesensor auch ein Beschleunigungssensor zur Erfassung der Bewegung eines Verstellelements vorgesehen sein, so dass eine entsprechende Istgröße gewonnen werden kann. Durch diese parallele Istwerterfassung können die Störanteile in der Istgeschwindigkeit vinst minimiert werden, indem diese Istgeschwindigkeit vinst nicht wie in FIG 1, sondern beispielsweise so wie in DE 100 24 394 A1 beschrieben, ermittelt wird.

In der erfindungsgemäßen Motorregelungsvorrichtung bzw. für das entsprechende Verfahren kann darüber hinaus eine Abtasteinrichtung zum mehrfachen Abtasten einer zu erfassenden Größe innerhalb eines Zeitschritts unter Gewinnung mehrerer Abtastwerte und zum Liefern eines gemittelten Abtastwerts in dem Zeitschritt als Istgröße vorgesehen sein. Auf diese Weise kann ein Oversampling des abzutastenden Signals gewährleistet und eine entsprechende Reduzierung des Störsignals rx erzielt werden.

Die in der erfindungsgemäßen Motorregelungsvorrichtung vorgesehene Regelungskomponente kann eine Subtraktionseinrichtung zum Subtrahieren einer Istgröße von einer Sollgröße unter Bereitstellung eines Differenzsignals darstellen, wobei die

5 Signalteilungseinrichtung zur Aufteilung des Differenzsignals der Subtraktionseinrichtung nachgeschaltet ist. Alternativ könnte auch die Aufspaltung in dem Rückkopplungszweig vor der Subtraktionseinrichtung erfolgen. Wenn ein Eingriff in den Regler R gegenüber einem Eingriff in die Geberauswertung A

10 keinen Nachteil darstellt, bietet diese Alternative keinen Vorteil gegenüber der ursprünglichen Lösung. Andernfalls ist diese Lösung jedoch, insbesondere dann vorteilhaft, wenn vorzugsweise der Fall $v_{ref} = 0$ interessiert oder das Störsignal r_x im Wesentlichen durch Quantisierungsrauschen verursacht

15 wird und dafür gesorgt wird, dass v_{ref} immer mögliche Quantisierungsstufen von v_{ist} annimmt.

Die vorliegende Erfindung ist anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

- 20
- FIG 1 einen Geschwindigkeitsregelkreis entsprechend dem Stand der Technik;
 - FIG 2 einen Geschwindigkeitsregelkreis mit Geschwindigkeitswertfilterung entsprechend dem Stand der Technik;
 - FIG 3 einen Geschwindigkeitsregelkreis mit Signalaufteilung entsprechend der vorliegenden Erfindung; und
 - FIG 4 ein Blockschaltbild für eine erfindungsgemäße Lageregelung.

30 Die nachfolgend näher erläuterten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

35 Die in FIG 3 wiedergegebene erfindungsgemäße Geschwindigkeitsregelung besteht im Wesentlichen aus den Komponenten, die bereits im Zusammenhang mit FIG 1 vorgestellt wurden. Dem

dort beschriebenen Regler R ist jedoch hier ein nicht linearer Regler NR vorgeschaltet. In ihm wird die Geschwindigkeitsabweichung ev in zwei Anteile aufgespaltet, wie es in ähnlicher Weise auch bei einer Binärzahl mit der Aufspaltung in höherwertige Bits und niederwertige Bits möglich ist. Im vorliegenden Fall entsteht durch die Aufspaltung ein höherwertiger Anteil ev_{hi} und ein niederwertiger Anteil ev_{lo} mit $ev_{hi} + ev_{lo} = ev$.

Anschaulich entspricht dabei der niederwertige Anteil ev_{lo} in etwa demjenigen Signalpegel, der von der Störgröße rx verursacht wird. Mit dem höherwertigen Anteil wird nun so verfahren wie beim Stand der Technik nach FIG 1, während der niederwertige Anteil z. B. a) vorher gefiltert oder b) nur dem I-Glied zugeführt wird. Dies ist möglich, da die Störgröße rx mittelwertfrei ist. Für den Fall a) ist in FIG 3 ein Blockschaltbild angegeben.

Der Signalausgang des Addierers $Sum1$ wird in zwei Signalpfade aufgespaltet. In einem der Signalpfade ist ein Begrenzer B angeordnet. Dieser begrenzt die Signalamplitude entsprechend einer gewünschten Sättigungsfunktion, z. B.

$$ev_{lo} = \begin{cases} -Q & \text{für } ev < -Q \\ ev & \text{für } -Q \leq ev \leq Q \\ Q & \text{für } Q < ev \end{cases}$$

mit einer positiven Konstanten Q . Das resultierende Signal ev_{lo} umfasst nur die niederwertigen Anteile des ursprünglichen Signals ev . In einem Addierer $Sum5$ wird der Signalanteil ev_{lo} von dem ursprünglichen Signal ev abgezogen, woraus der höherwertige Signalanteil ev_{hi} resultiert. Der höherwertige Signalanteil, der beispielsweise aus einem Lastwechsel des Motors herrührt und damit einer tatsächlichen Änderung der Geschwindigkeit v entspricht, wird unverarbeitet einem Addierer $Sum6$ zugeführt. Die niederwertigen Signalanteile ev_{lo} werden hingegen in einem Filter F gefiltert, bevor sie dem

Addierer Sum6 zugeführt werden. In dem Addierer Sum6 werden die beiden Signalanteile wieder zu einem gemeinsamen Signal addiert und dem Regler R bzw. dessen Verstärker G1 zugeführt.

5 Der Begrenzer B sorgt dafür, dass die Amplitude des niederwertigen Anteils evlo in etwa dem von dem Störsignal rx in dem Istgeschwindigkeitssignal v_{ist} verursachten Signalanteil entspricht. Für das Filter lässt sich beispielsweise der Tiefpass TP aus FIG 2 einsetzen. In diesem Fall ist die
10 Geschwindigkeits- bzw. Drehzahlwertglättung nur für den Signalanteil wirksam, für den sie auch tatsächlich benötigt wird. Alternativ oder zusätzlich lässt sich im Filter F auch eine oder mehrere Bandsperrern mit einstellbarer Sperrfrequenz implementieren, deren Sperrfrequenz(en) beispielsweise so
15 nachgeführt wird, dass sie einem ganzzahligen Vielfachen der Strichfrequenz des Gebers, dessen Geberrad eine vorbestimmte Anzahl an abzutastenden Strichen aufweist, entspricht. Oft hat nämlich der Geschwindigkeitswert v_{ist} bei solchen Frequenzen erhebliche Störanteile.

20

Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, dass das Signal der Geschwindigkeitsabweichung ev in mehr als zwei Anteile aufgespaltet wird und die nicht lineare Regelung in diesen Anteilen individuell durchgeführt wird. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, wie dies oben bereits erwähnt ist, parallel zu dem Lagesensor einen Beschleunigungssensor einzusetzen, um Rauschen bzw. Störanteile zu unterdrücken. Ferner kann der Geber G auch ein Oversampling ermöglichen.

30 Der nicht lineare Regelschritt kann anstelle vor der Regelung R auch zwischen der Geberauswertung A und dem Addierer Sum1 für das Istgeschwindigkeitssignal v_{ist} durchgeführt werden. Diese Alternative ist zwar weniger vorteilhaft, sie bietet sich aber bei bestehenden Regelkreisen an, bei denen bei-
35 spielsweise nur das Istgeschwindigkeitssignal v_{ist} zugänglich ist.

Der erfindungsgemäße Regelmechanismus kann auch für eine Lageregelung verwendet werden. Diese kann in üblicher Weise ohne Umwandlung in Geschwindigkeitssignale aufgebaut werden. Alternativ kann sie aber auch unter Ausnutzung der Geschwindigkeitsregelung von FIG 3 realisiert werden. Ein entsprechendes Blockschaltbild ist in FIG 4 wiedergegeben, wobei der Geschwindigkeitsregelkreis von FIG 3 durch das gestrichelte Rechteck GR angedeutet ist. Das Istlagesignal wird für die Lageregelung einem Addierer Sum7 zugeführt, der dieses Signal von einem Solllagewert x_{ref} subtrahiert. Der anschließende Verstärker G5 wandelt das Lagedifferenzsignal in den Geschwindigkeitssollwert v_{ref} . Dabei kann alternativ zwischen den Ausgang des Addierers Sum7 und dem Eingang des Verstärkers G5 ein nichtlinearer Regler von der Art des nichtlinearen Reglers NR aus FIG 3 geschaltet sein. Somit kann der Regelkreis von FIG 3 sowohl für die Geschwindigkeitsregelung als auch für die Lageregelung verwendet werden.

Patentansprüche

1. Motorregelungsvorrichtung mit

- Regelungskomponente (Sum1) zum Bereitstellen eines Regelungssignals (ev),

g e k e n n z e i c h n e t durch

- eine Signalteilungseinrichtung (B, Sum5) zum Aufteilen des Regelungssignals (ev) in mindestens zwei Signalanteile (evlo, evhi),

- eine Signalverarbeitungseinrichtung (F), mit der jeder der mindestens zwei Signalanteile (evlo, evhi) auf untereinander verschiedene Weise verarbeitbar ist, und

- eine Addiereinrichtung (Sum6) zum Addieren der verschiedenen verarbeiteten Signalanteile für eine weitere Verarbeitung.

2. Motorregelungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei einer der Signalanteile ein bezogen auf die Signalamplitude höherwertiger Signalanteil (evhi) und ein anderer ein niederwertiger Signalanteil (evlo) ist.

3. Motorregelungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (F) in einem Signalpfad für den niederwertigen Signalanteil (evlo) einen Tiefpass aufweist.

4. Motorregelungsvorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Signalverarbeitungseinrichtung (F) in einem Signalpfad für den niederwertigen Signalanteil (evlo) einen oder mehrere Bandsperren aufweist.

5. Motorregelungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die einen Lagesensor (G) und einen Beschleunigungssensor zur Erfassung der Bewegung eines Verstellelements aufweist.

6. Motorregelungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die eine Abtasteinrichtung zum mehrfachen Abtasten einer zu erfassenden Größe innerhalb eines Zeitschritts unter

Gewinnung mehrerer Abtastwerte und zum Liefern eines gemittelten Abtastwerts in dem Zeitschritt als Istgröße aufweist.

7. Motorregelungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden
5 Ansprüche, wobei die Regelungskomponente (Sum1) eine Subtraktionseinrichtung zum Subtrahieren einer Istgröße (vist) von einer Sollgröße (vref) unter Bereitstellung eines Differenzsignals (ev) darstellt und die Signalteilungseinrichtung (B, Sum5) zur Aufteilung des Differenzsignals (ev) der Subtraktionseinrichtung nachgeschaltet ist.
10

8. Verfahren zum Regeln eines Motors durch
- Bereitstellen eines Regelungssignals (ev),
g e k e n n z e i c h n e t durch
15 - Aufteilen des Regelungssignals (ev) in mindestens zwei Signalanteile (evlo, evhi),
- Verarbeiten jedes der mindestens zwei Signalanteile (evlo, evhi) auf untereinander verschiedene Weise und
- Addieren der verschieden verarbeiteten Signalanteile für
20 eine weitere Verarbeitung.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Regelungssignal (ev) in einen bezogen auf die Signalamplitude höherwertigen Signalanteil (evhi) und einen niederwertigen Signalanteil (evlo) aufgeteilt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der niederwertige Signalanteil (evlo) mit einem Tiefpass gefiltert wird.

30 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei der niederwertige Signalanteil (evlo) mit einem oder mehreren Bandsperren gefiltert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei ein
35 Lagesignal (xist) und ein Beschleunigungssignal jeweils als Istgröße erfasst werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei eine zu erfassende Größe innerhalb eines Zeitschritts unter Gewinnung mehrerer Abtastwerte abgetastet und ein gemittelter Abtastwert in dem Zeitschritt als Istgröße geliefert wird.

5

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei das Regelungssignal (ev) ein Differenzsignal zwischen einer Istgröße (vist) und einer Sollgröße (vref) ist und dieses Differenzsignal in mindestens zwei Signalanteile (evlo, evhi)

10 aufgeteilt wird.

Zusammenfassung

Motorregelungsvorrichtung und entsprechendes Regelungsverfahren

- 5 Bei einer Geschwindigkeitsregelung sollen Stromripple und Geschwindigkeitsschwelligkeit bei gleichbleibender Dynamik reduziert werden, wobei der zusätzliche Hardware-Aufwand möglichst gering gehalten werden soll. Hierfür ist vorgesehen,
- 10 ein Regelungssignal, insbesondere eine Geschwindigkeitsabweichung (ev) in mindestens zwei Signalanteile (evhi und evlo) aufzuteilen. Jeder der mindestens zwei Signalanteile (evhi und evlo) werden auf unterschiedliche Weise verarbeitet. Insbesondere kann der niederwertige Anteil (evlo) durch ein
- 15 Tiefpassfilter (F) geglättet werden. In einem nachgeschalteten Addierer (Sum6) werden die verschieden verarbeiteten Signalanteile schließlich wieder für die weitere Regelung addiert.

20 FIG 3

FIG 1

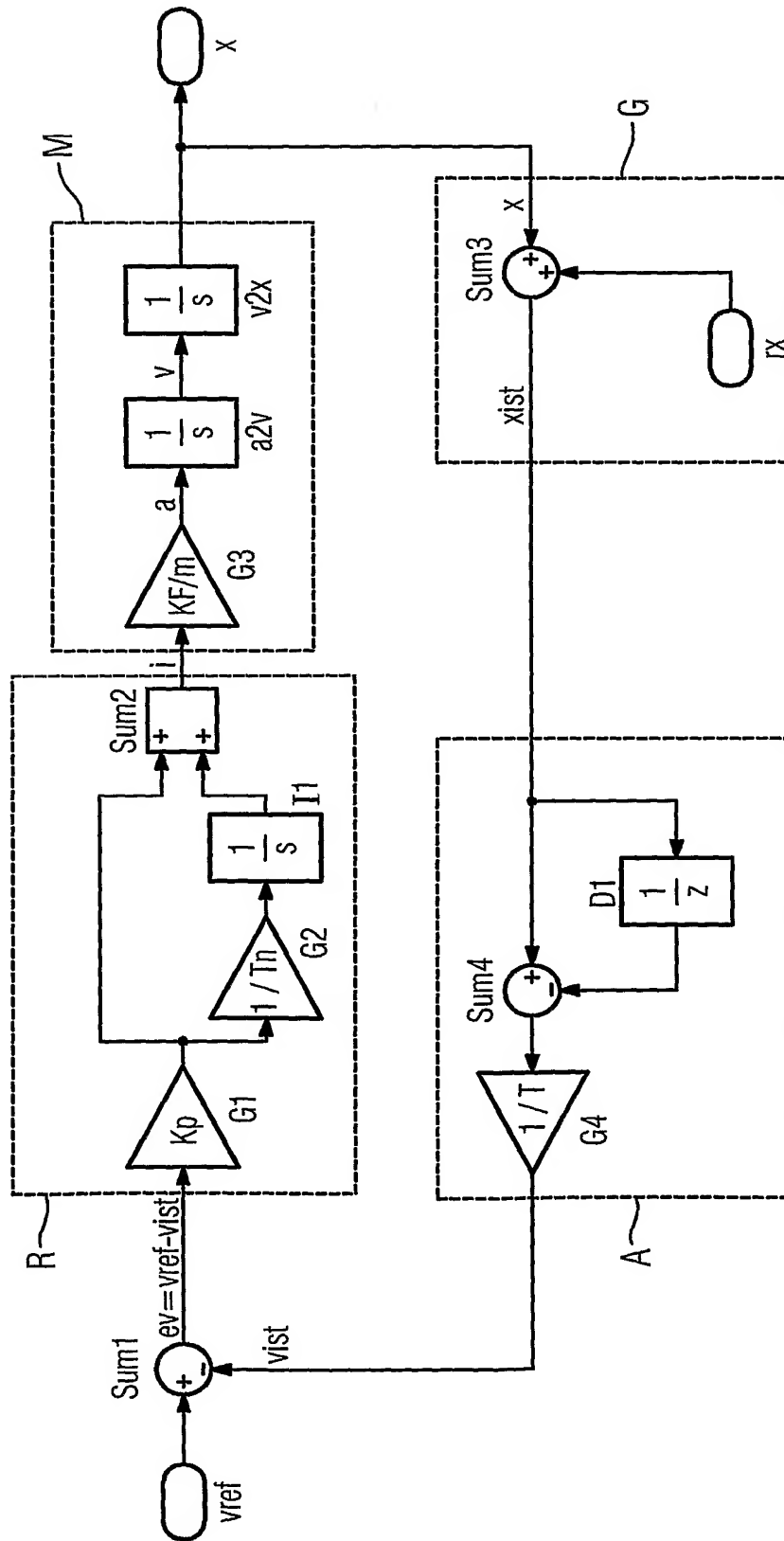


FIG 2

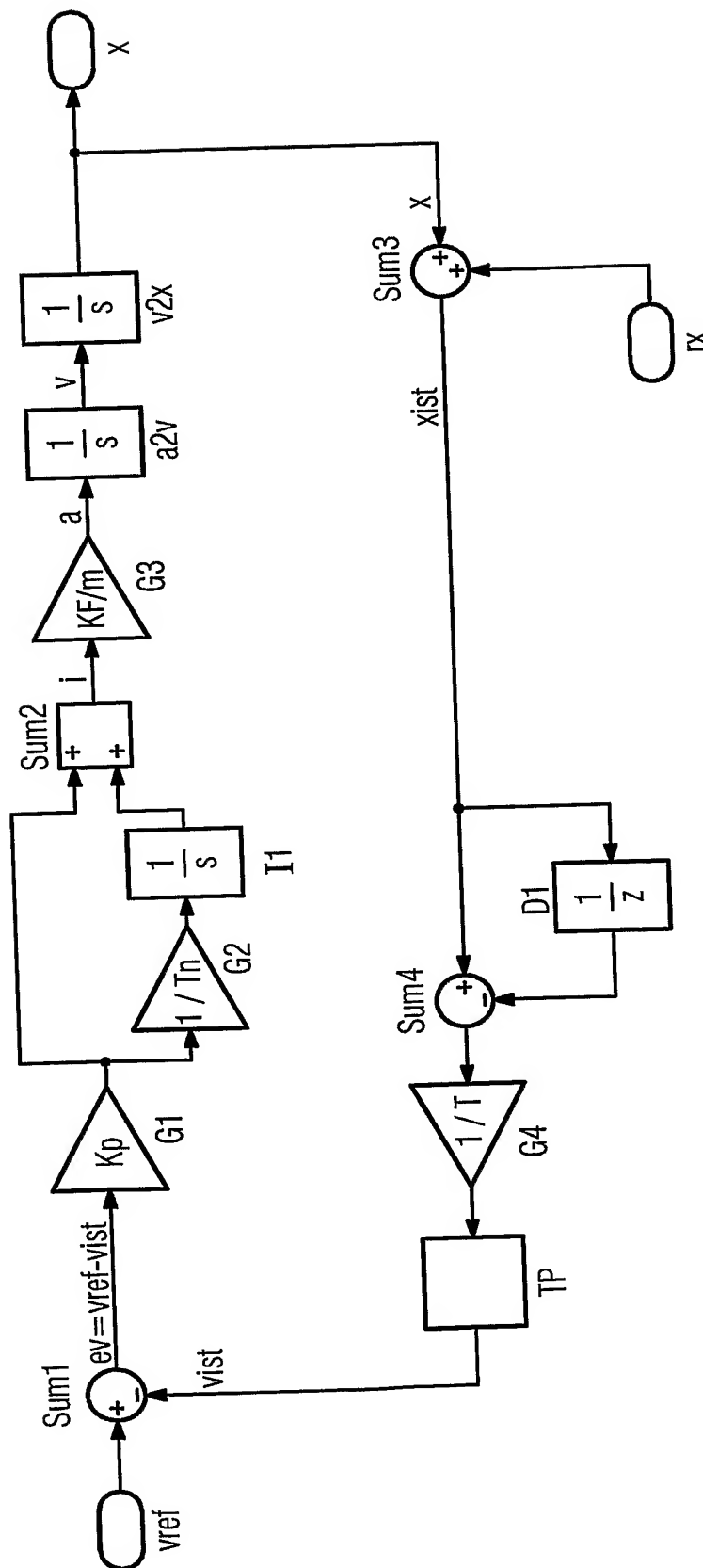


FIG 3

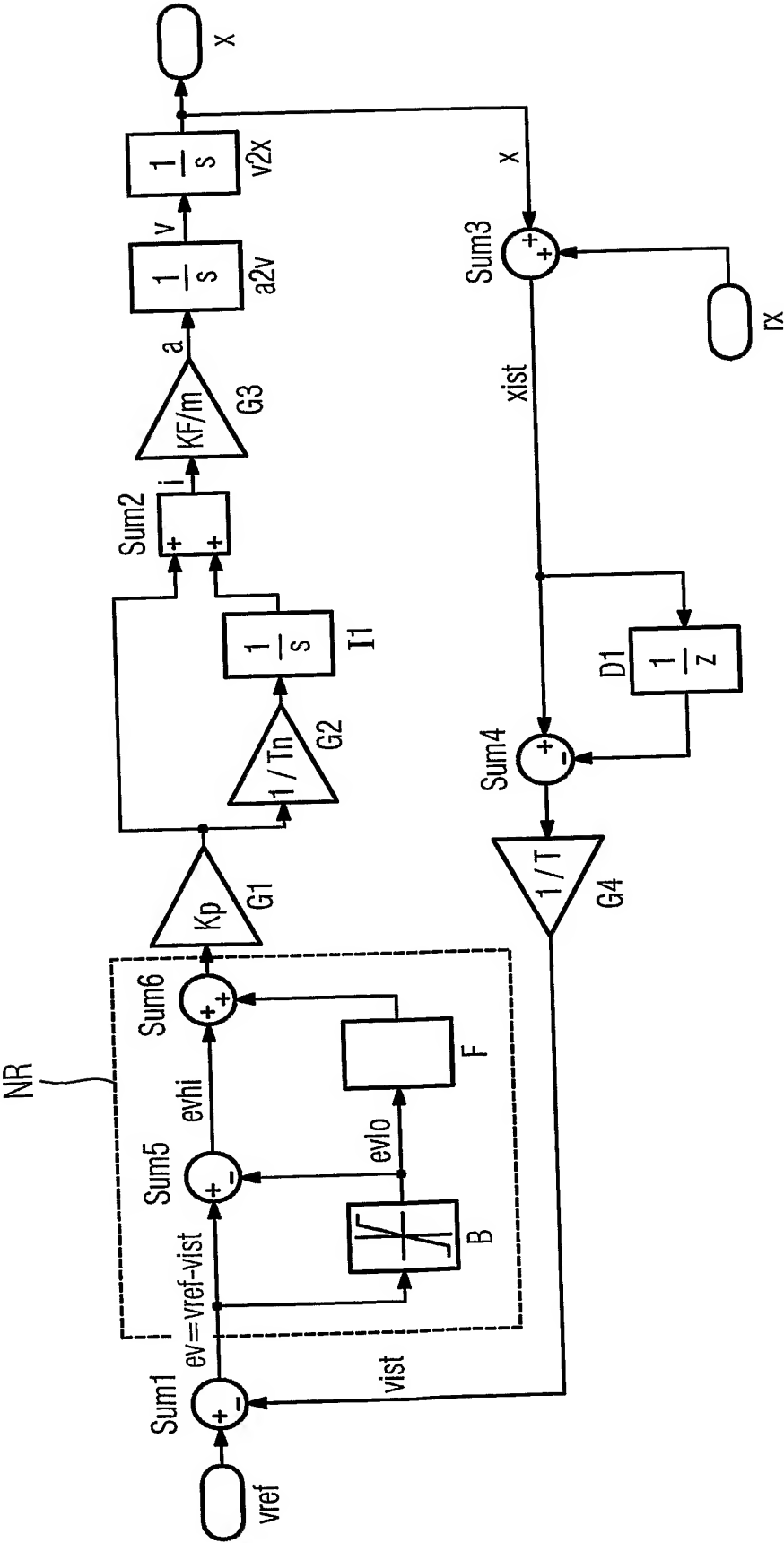


FIG 4

